

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-348186
 (43)Date of publication of application : 15.12.2000

(51)Int.Cl.

G06T 7/20
 H04N 7/18

(21)Application number : 11-156004

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 03.06.1999

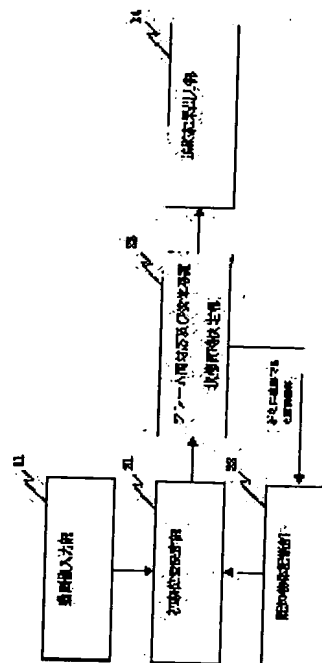
(72)Inventor : WATANABE MASANORI

(54) DEVICE AND METHOD FOR OBJECT TRACKING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To precisely track an object in a moving picture obtained by photographing a three-dimensional shape by determining the position and direction of subject frame to be tracked while finding the correspondence between a reference frame and the subject frame to be tracked as to the object as subject to be tracked.

SOLUTION: The moving picture obtained by photographing the object as subject is inputted from a moving picture input part 1. A specific frame of the inputted moving picture is regarded as an initial frame and an object which is stored in a known object storage part 22 is retrieved from the frame. Once the object is retrieved, an initial position determination part 21 determines at which position and angle the object is present in the frame. A frame-to-frame correspondence and object movement state simultaneous determination part 23 regards the initial frame as a reference frame and determines the position and angle of the object while determining the correspondence of the subject to a next subject frame to be traced.



Best Available Copy

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-348186
(P2000-348186A)

(43)公開日 平成12年12月15日(2000.12.15)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード*(参考)
G 0 6 T 7/20		G 0 6 F 15/70	4 1 0 5 C 0 5 4
H 0 4 N 7/18		H 0 4 N 7/18	G 5 L 0 9 6

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平11-156004

(22)出願日 平成11年6月3日(1999.6.3)

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72)発明者 渡辺 正規

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(74)代理人 100095555

弁理士 池内 寛幸

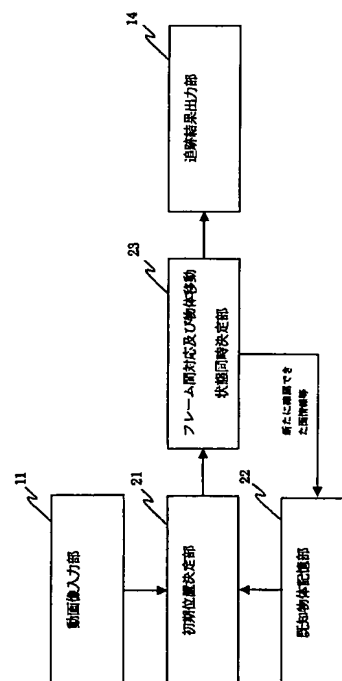
Fターム(参考) 5C054 CF06 CG03 CG06 FC01 FC13
FD03 GB12 HA31
5L096 FA41 FA66 FA67 FA69 HA05

(54)【発明の名称】 物体追跡装置及び方法

(57)【要約】

【課題】 三次元形状を撮影している動画像において、物体追跡を精度良く行うことのできる物体追跡装置及び方法を提供する。

【解決手段】 動画像データを入力し、初期フレームを指定し、追跡対象となる物体の形状及びテクスチャを事前に記憶しておき、記憶されている追跡対象となる物体の形状及びテクスチャに基づいて、初期フレームにおける追跡対象となる物体の位置及び向きを決定し、追跡対象となる物体について、初期フレームを起点とする二つの連続した基準フレームと追跡対象フレームとの対応を求め、追跡対象となる物体の追跡対象フレームにおける位置及び向きを確定し、追跡対象となる物体についての追跡結果を出力する物体追跡装置であって、追跡対象となる物体について、基準フレームと追跡対象フレームとの間の対応を求めると同時に、追跡対象となる物体の追跡対象フレームにおける位置及び向きを確定する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 動画像データを入力する動画像入力部

と、

初期フレームを指定する初期フレーム指定部と、
追跡対象となる物体の形状及びテキストチャを事前に記憶
する既知物体記憶部と、

前記既知物体記憶部に記憶されている前記追跡対象とな
る物体の形状及びテキストチャに基づいて、前記初期フレ
ームにおける前記追跡対象となる物体の位置及び向きを
決定する初期位置決定部と、

前記追跡対象となる物体について、前記初期フレームを
起点とする二つの連続した基準フレームと追跡対象フレ
ームの間の対応を求めるフレーム間対応決定部と、

前記追跡対象となる物体の前記追跡対象フレームにおけ
る位置及び向きを確定する物体移動状態確定部と、

前記追跡対象となる物体についての追跡結果を出力する
追跡結果出力部とを含み、

前記追跡対象となる物体について、前記基準フレームと
前記追跡対象フレームとの間の対応を求めると同時に、
前記追跡対象となる物体の前記追跡対象フレームにおけ
る位置及び向きを確定することを特徴とする物体追跡装
置。

【請求項 2】 前記追跡対象となる物体について、前記
追跡対象フレームにおいて新たな形状及びテキストチャが
生じた場合に、前記新たな形状及びテキストチャについ
ても前記既知物体記憶部に記憶させる請求項 1 記載の物体
追跡装置。

【請求項 3】 前記追跡対象となる物体について、前記
基準フレームと前記追跡対象フレームとの間の対応を求
めると同時に、前記追跡対象となる物体の前記追跡対象
フレームにおける物体の位置及び向きを確定する前に、
前記追跡対象フレームにおける前記追跡対象となる物体
の位置ズレを検出する位置ズレ検出部をさらに含む請求
項 1 記載の物体追跡装置。

【請求項 4】 動画像データを入力する工程と、
初期フレームを指定する工程と、
追跡対象となる物体の形状及びテキストチャを事前に記憶
する工程と、

記憶されている前記追跡対象となる物体の形状及びテク
スチャに基づいて、前記初期フレームにおける前記追跡
対象となる物体の位置及び向きを決定する工程と、

前記追跡対象となる物体について、前記初期フレームを
起点とする二つの連続した基準フレームと追跡対象フレ
ームの間の対応を求める工程と、

前記追跡対象となる物体の前記追跡対象フレームにおけ
る位置及び向きを確定する工程と、

前記追跡対象となる物体についての追跡結果を出力する
工程とを含み、

前記追跡対象となる物体について、前記基準フレームと
前記追跡対象フレームとの間の対応を求めると同時に、

前記追跡対象となる物体の前記追跡対象フレームにおけ
る位置及び向きを確定することを特徴とする物体追跡方
法。

【請求項 5】 動画像データを入力するステップと、
初期フレームを指定するステップと、
追跡対象となる物体の形状及びテキストチャを事前に記憶
するステップと、

記憶されている前記追跡対象となる物体の形状及びテク
スチャに基づいて、前記初期フレームにおける前記追跡
対象となる物体の位置及び向きを決定するステップと、

前記追跡対象となる物体について、前記初期フレームを
起点とする二つの連続した基準フレームと追跡対象フレ
ームの間の対応を求めるステップと、

前記追跡対象となる物体の前記追跡対象フレームにおけ
る位置及び向きを確定するステップと、

前記追跡対象となる物体についての追跡結果を出力する
ステップとを含み、

前記追跡対象となる物体について、前記基準フレームと
前記追跡対象フレームとの間の対応を求めると同時に、

前記追跡対象となる物体の前記追跡対象フレームにおけ
る位置及び向きを確定することを特徴とするコンピュー
タに実行させるプログラムを記録したコンピュータ読み
取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、動画像において、
既知となっている物体に関する位置、向き等を追跡する
処理装置及び方法に関する。

【0002】

【従来の技術】動画像に基づく物体追跡においては、カ
メラを固定しておき監視対象となる物体の動きを追跡す
るものと、静物の画像からカメラの動きを追跡するもの
の二通りが存在する。前者においては、監視対象となる
物体の位置や角度等を求めることができ、後者において
は、カメラの位置や角度等を求めることが可能となる。
すなわち物体追跡とは、監視対象となる物体とカメラの
相対関係を求めるものである。

【0003】従来は、物体追跡を行う場合、連続するフ
レーム間における対応付けを行った後に対応の解釈を行
うという二段構えの手法で行うのが主流であった。例え
ば、図 1 に示すように、動画像入力装置 11 から追跡対
称の画像情報を入力した後、まずはフレーム間対応決定
部 12 において、前後のフレーム間で物体の位置・角度
等の対応付けを行い、次に物体移動状態確定部 13 にお
いて、対象となる物体、あるいはカメラの位置や向きを
計算することになる。なお、確定した追跡結果は追跡結
果出力部 14 において表示出力する。

【0004】かかる方法においては、フレーム間の変化
は局所的に二次元であるという仮定に基づいて二つの手
順を分離していた。したがって、例えば一つのフレーム

内で特定の二次元空間の模様に着目し、当該模様が次のフレームでどのように移動しているかを追跡することで、物体追跡を行っている。

【0005】例えば、特開平5-197809号公報においては、フレーム間の物体追跡において、微少な対応空間（二次元）を複数設けることで、対応誤差を吸収して、物体追跡精度を高める工夫が開示されている。すなわち、対応する特徴点に特徴的な模様が存在する場合には、カメラ位置の移動によっては、かかる模様の大きさも大きく変化することが予想される。しかし、微少な対応空間とすることで、模様の変化が検知しにくくなるという特性を生かして、カメラ位置の変化等を検出しようとするものである。

【0006】さらに、追跡対象となる物体間における対称物体領域内の特徴点を求め、三次元的配置を考慮した上で、探索範囲の設定及び対応点の決定を行っている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述したような従来の方法では、対応結果を獲得するまでの過程については、何ら考慮されておらず、対応結果が誤りか否かを判別する精度が低くなるという問題点があった。すなわち、一つのフレーム内で特定の二次元空間の模様に着目し、当該模様が次のフレームでどのように移動しているかを追跡する場合において、対称となる物体あるいはカメラの移動によっては模様が伸縮したり拡大したりすることが多く、追跡の精度が低くなってしまう問題である。

【0008】特開平5-197809号公報において開示されている方法は、微少な対応空間とすることで、模様の大きな変化を検知しないように工夫し、上記問題の解決を図っている方法であるが、今度は逆に特徴点としての検出が困難になり、次のフレームでの移動先が一つに限定できない場合等が発生する可能性がある。したがって、どの位置へ移動したかは、最終的には確率論によるものになってしまうことから、潜在的に追跡誤差を含んでしまうという問題点を内包している。

【0009】本発明は、上記問題点を解決すべく、三次元形状を撮影している動画像において、物体追跡を精度良く行うことのできる物体追跡装置及び方法を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明にかかる物体追跡装置は、動画像データを入力する動画像入力部と、初期フレームを指定する初期フレーム指定部と、追跡対象となる物体の形状及びテクスチャを事前に記憶する既知物体記憶部と、既知物体記憶部に記憶されている追跡対象となる物体の形状及びテクスチャに基づいて、初期フレームにおける追跡対象となる物体の位置及び向きを決定する初期位置決定部と、追跡対象となる物体について、初期フレームを起点とする二

つの連続した基準フレームと追跡対象フレームの間の対応を求めるフレーム間対応決定部と、追跡対象となる物体の追跡対象フレームにおける位置及び向きを確定する物体移動状態確定部と、追跡対象となる物体についての追跡結果を出力する追跡結果出力部とを含み、追跡対象となる物体について、基準フレームと追跡対象フレームとの間の対応を求めると同時に、追跡対象となる物体の追跡対象フレームにおける位置及び向きを確定することを特徴とする。

【0011】かかる構成により、追跡対象となる物体の形状及びテクスチャが事前に判明していることから、追跡対象となる物体に関するフレーム間の対応付けが容易かつ確実になり、追跡対象となる物体の位置及び向きをフレーム間の対応付けと同時に確定することが可能となることから、追跡精度の向上が期待できる。

【0012】また、本発明にかかる物体追跡装置は、追跡対象となる物体について、追跡対象フレームにおいて新たな形状及びテクスチャが生じた場合に、新たな形状及びテクスチャについても既知物体記憶部に記憶させることが好ましい。次のフレームにおける物体追跡において、追跡精度の向上が期待できるからである。

【0013】また、本発明にかかる物体追跡装置は、追跡対象となる物体について、基準フレームと追跡対象フレームとの間の対応を求めると同時に、追跡対象となる物体の追跡対象フレームにおける物体の位置及び向きを確定する前に、追跡対象フレームにおける追跡対象となる物体の位置ズレを検出する位置ズレ検出部をさらに含むことが好ましい。位置ズレが判明していれば、追跡対象となる物体に関するフレーム間の対応付けがさらに容易かつ確実になり、追跡対象となる物体の位置及び向きを確定することもより確実になるからである。

【0014】また、本発明は、上記のような物体追跡装置の機能をコンピュータの処理ステップとして実行するソフトウェアを特徴とするものであり、具体的には、動画像データを入力する工程と、初期フレームを指定する工程と、追跡対象となる物体の形状及びテクスチャを事前に記憶する工程と、記憶されている追跡対象となる物体の形状及びテクスチャに基づいて、初期フレームにおける追跡対象となる物体の位置及び向きを決定する工程と、追跡対象となる物体について、初期フレームを起点とする二つの連続した基準フレームと追跡対象フレームの間の対応を求める工程と、追跡対象となる物体の追跡対象フレームにおける位置及び向きを確定する工程と、追跡対象となる物体についての追跡結果を出力する工程とを含み、追跡対象となる物体について、基準フレームと追跡対象フレームとの間の対応を求めると同時に、追跡対象となる物体の追跡対象フレームにおける位置及び向きを確定することを特徴とする物体追跡方法並びにそのような工程をプログラムとして記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であることを特徴とする。

【0015】かかる構成により、コンピュータ上へ当該プログラムをロードさせ実行することで、追跡対象となる物体の形状及びテクスチャが事前に判明していることから、追跡対象となる物体に関するフレーム間の対応付けが容易かつ確実になり、追跡対象となる物体の位置及び向きをフレーム間の対応付けと同時に確定することが可能となる物体追跡装置を実現することができる。

【0016】

【発明の実施の形態】（実施の形態1）以下、本発明の実施の形態1にかかる物体追跡装置について、図面を参照しながら説明する。図2は本発明の実施の形態1にかかる物体追跡装置のブロック構成図である。図2において、21は初期位置決定部を、22は既知物体記憶部を、23はフレーム間対応及び物体移動状態同時確定部を、24は結果出力部を、それぞれ示す。

【0017】図2において、まず対象フレーム内において観察される物体のポリゴン形状及びテクスチャ（模様）を既知物体記憶部22に事前に記憶しておく。記憶されるテクスチャ情報は、物体全体に対するものであっても良いし、入力される動画像が事前に予想されているものであれば、その初期フレームにおいて見えている範囲の情報だけでも良い。

【0018】そして、動画像入力部11から対象となる物体を撮影している動画像を入力する。入力された動画像の特定のフレームを初期フレームとして、そのフレームの中で、既知物体記憶部22に記憶されている物体を検索する。また、入力される動画像における物体の形状及びテクスチャが事前に既知物体記憶部22に記憶されていない場合には、初期フレームに映っている物体の形状を指定し、テクスチャ情報は物体の画像から取り込んで

【0019】物体が検出されたら、当該フレームにおいて、どの位置にどの角度で存在しているのかを初期位置決定部21において確定する。テクスチャ情報のみに基づいて物体の移動等を把握しようとする、移動対象候補が複数存在することが多く、結局は確率的に移動位置を定めることになるので、潜在的に大きな誤差を含むことは避けられない。しかし、かかる方法のように、事前に物体を特定することができていれば、当該物体におけるテクスチャ（模様）等が物体の移動によってどのように変化するか容易に予測することができるので、次の追跡対象となるフレームにおける対象となる物体の移動等を的確に把握することが可能となる。

【0020】そして、フレーム間対応及び物体移動状態同時確定部23において、初期フレームを基準フレームとして、次の追跡対象となるフレームとの間における対象となる物体の対応付けを確定すると同時に、当該物体の位置や角度を確定する。あらかじめ対象となる物体の形状等がわかっているので、物体の対応付けと同時に当該物体の位置や角度を確定することができる。すなわ

ち、特徴ある模様に着目した場合に、フレーム間の移動によっては模様が拡大したり、伸縮したりすることが考えられるが、あらかじめ物体が特定できていれば、どのような変化をするのか予測することが可能であり、追跡精度の向上を図ることが可能となる。

【0021】また、物体の移動方法によっては、基準フレームにおいて表現されていなかった面に表されている模様等が新たに表現される場合もあり得る。例えば、物体が回転することによって、基準フレームでは見えていなかった面の模様が見えるようになった場合等である。この場合には、新たに見えるようになった面の模様等についても、既知物体記憶部22に追加登録する。追加登録することで、次の追跡対象フレームにおける物体追跡において、さらに物体追跡の精度を高めることが可能となる。

【0022】最後に物体の追跡が完了したら、結果出力部24において画面に表示する。なお、特に画面に表示することに限定されるものではなく、ファイルへの格納、及び外部の認識プログラムへ渡すものでも良い。

【0023】具体的には、以下のような手順で物体追跡を行うことになる。最初に物体のモデル表現方式について説明する。

【0024】既知物体は、原則としてポリゴン形状を用いて、頂点の座標と面のグラフによって表現する。物体のモデルの各フレームにおける位置決めは、物体のモデルを各フレームに投影する投影パラメータによって定めることになる。

【0025】モデルの投影方法としては、一般的な透視投影を用いる。すなわち、図3に示すように、モデル座標系（ x, y, z ）、カメラ座標系（ X, Y, Z ）、画像座標系（ r, c ）を定める。まず、モデル座標系の点ベクトル x は、ベクトル R_i をカメラ座標系の X, Y, Z 各軸周りの角度 $\omega_i, \phi_i, \kappa_i$ による回転行列、ベクトル $O_i = (O_{xi}, O_{yi}, O_{zi})^T$ を第 i フレームのカメラ座標系によるモデル座標系の原点とすると、第 i フレームのカメラ座標系の点ベクトル X_i へ変換式（数1）によって変換することができる。

【0026】

【数1】

$$X_i = R_i \cdot x + O_i$$

【0027】そして、第 i フレームのカメラ座標系の点ベクトル $X_i (X_i, Y_i, Z_i)$ は第 i フレーム上の二次元座標系の点ベクトル $p_i (r_i, c_i)$ に（数2）によって変換される。

【0028】

【数2】

7

$$\begin{pmatrix} r_i \\ c_i \end{pmatrix} = f_i \begin{pmatrix} X_i / Z_i \\ Y_i / Z_i \end{pmatrix}$$

【0029】ここで、 f_i は第 i フレームの焦点距離を示す。したがって、物体のモデルを各フレームにおいて位置決めする場合には、 ω_i 、 ϕ_i 、 κ_i 、 O_{xi} 、 O_{yi} 、 O_{zi} 、 f_i の7つの変数によって定めることができることになる。

【0030】なお、以上の座標系における物体のモデル形状やテクスチャ（模様）等の情報は、それぞれ一般のレンジセンサやイメージベースドモデリングツール等を用いることによって、容易に得ることができる。ただし、手段は特にこれに限定されるものではない。

【0031】次に、本座標系における位置決めについて説明する。初期フレームにおける位置決めは、従来技術を用いて行う。すなわち、手動によっておおまかなモデルの位置と姿勢を指定した後、エッジの抽出及び頂点の投影位置の計算を行い、モデル全体としての位置、姿勢及び伸縮を計算するものである。

【0032】最終的な結果としては、図4に示すように

$$E_i = \sum_{(r_i, c_i) \in N_{i,i+1}} [F(r_i, c_i, R_{i,i+1}, O_{i,i+1}, f_{i,i+1})]^2$$

$$F(r_i, c_i, R_{i,i+1}, O_{i,i+1}, f_{i,i+1}) = I_{i+1}(r_{i,i+1}, c_{i,i+1}) - I_i(r_i, c_i)$$

【0036】ここで、 (r_{i+1}, c_{i+1}) は、図5に示すようにフレーム I_i における点 (r_i, c_i) に対応するフレーム I_{i+1} における点の座標を示す。かかる座標値は、モデルの頂点座標、モデルの面グラフ情報、ベクトル R_i 、ベクトル O_i 、 f_i 、及び上記変数であるベクトル R_{i+1} 、ベクトル O_{i+1} 、 f_{i+1} に基づいて計算することができる。また、 $N_{i,i+1}$ は座標 (r_{i+1}, c_{i+1}) がフレーム I_{i+1} の領域内に存在するフレーム I_i 上のモデル領域を示す。

【0037】（数3）で表すことのできる評価値 E_i が最小値をとるベクトル R_{i+1} 、ベクトル O_{i+1} 、 f_{i+1} の組合せが求めるべき解である。すなわち、評価値が最小で有れば、両フレーム間での対応する特徴点で有と考えることができる。

【0038】かかる解を求めるには、様々な方法が考えられるが、最も一般的な方法としては、Levenberg-Marquardt法を用いた反復近似法により求解することが考えられる。すなわち、7つの変数 ω_{i+1} 、 ϕ_{i+1} 、 κ_{i+1} 、 O_{xi+1} 、 O_{yi+1} 、 O_{zi+1} 、 f_{i+1} をまとめて a_i ($1 \leq i \leq L$ 、 $L=7$) と表すものとする、その更新量 Δa_i を要素とする列ベクトル x は、第 k 行第 l 列に（数4）で表される要素を持つ $L \times L$ の行列をベクトル A とし、

8

モデル座標を得ることができる。図4は、ソフトウェアパッケージの箱について、直方体のモデルを用いて位置決めしたものである。なお図4において、破線部は得られたモデルの稜線（辺の位置）を示している。

【0033】次に、フレーム間の対応及び物体移動状態の確定方法について説明する。本実施の形態においては、前後のフレームにおいて、モデル上の同一部分に対応している画素について、見かけ上の明度が一致する位置及び姿勢を求める。なお、本実施の形態1においては、明度を基準として物体の移動状態を把握しているが、判断基準は特に明度に限定する必要もなく、特徴的な要素で有れば特に限定されるものではない。

【0034】対応する画素の明度の一致度を評価する基準として、評価値 E_i を、前フレーム I_i における画像座標 (r_i, c_i) における画素と次のフレーム I_{i+1} に投影した画素との明度差の二乗和として求める。すなわち、フレーム I_{i+1} における位置決めのための変数を、ベクトル R_{i+1} 、ベクトル O_{i+1} 、 f_{i+1} とすると、評価値 E_i は（数3）に示すようになる。

【0035】

【数3】

【0039】

【数4】

$$\sum_{(r_i, c_i) \in N_{i,i+1}} \frac{\partial F(r_i, c_i)}{\partial a_k} \frac{\partial F(r_i, c_i)}{\partial a_l}$$

【0040】第1要素に（数5）で表される要素を持つ L 次の列ベクトルをベクトル b として、

【0041】

【数5】

$$- \sum_{(r_i, c_i) \in N_{i,i+1}} F(r_i, c_i) \frac{\partial F(r_i, c_i)}{\partial a_l}$$

【0042】以下のベクトル方程式（数6）を解くことによって求めることができる。

【0043】

【数6】

$$(A + \lambda I) = b$$

【0044】ここで、 λ は定数を、ベクトル I は $L \times L$ の単位行列を意味する。また、 a_i ($1 \leq i \leq L$) の初期値は、フレーム I_i の位置決め値と、二次元探索結果の Δx 、 Δy 、 θ に基づいて、それぞれ、 ω_i 、 ϕ_i 、 $\kappa_i + \theta$ 、 $O_{xi} - \Delta x \cdot O_{zi} / f_i$ 、 $O_{yi} - \Delta y \cdot O_{zi} /$

f_i 、 O_{zi} 、 f_i となる。

【0045】また、(数4)の計算に用いる行列及び行列の偏微分値は、CANNYオペレータ、Sobelオペレータ、零交差法等を用いて生成できるが、特にこれらに限定されるものでもない。

【0046】なお、更新処理を確実にを行うために、入力画像として1/2縮小画像を用いても良い。また、更新処理の結果、 E_i が減少しなくなるまで処理を反復して行い、原画像を用いて行うのは、更新結果が収束した後で確認のために1回だけ計算を行うことで足りる。

【0047】次に、透視投影を通してのテクスチャマッチングを用いた場合に、本実施の形態1にかかる物体追跡方法が有効であるか否かを実験により確認する。実験には、図6に示すような直方体のCG(Computer Graphics)合成画像を用いた。

【0048】図6において、(a)はグラデーションをかけた物体の図を、(b)は(a)の姿勢を変更した図を示している。具体的には、(b)は(a)の姿勢に対

＜テクスチャの模様と追跡誤差＞

	角度[deg]			位置[cm]			焦点	反復
	X軸回り	Y軸回り	Z軸回り	X	Y	Z	距離	回数
(a)グラデーション	0.09	0.00	-0.20	0.21	0.22	-0.71	-0.7	11
(c)ランダム(密)	-10.15	-10.42	-10.30	0.38	0.93	-2.39	2.1	5
(d)ランダム(粗)	0.16	-0.24	-0.10	-0.06	-0.09	-0.70	-0.3	15
(e)ランダム(中)	0.05	-0.17	-0.04	0.02	-0.06	-1.13	-0.3	9
(f)ランダム(2面)	-6.62	-6.58	-6.19	-2.86	-12.97	-9.82	18.6	52

【0052】(表1)によると、図6(c)と図6(f)については大きな追跡誤差が観測されており、物体追跡が失敗に終わっていることを示している。

【0053】図6(c)については、模様のメッシュが細かいために、1/2画像に縮小すると模様が認識できなくなることが原因と考えられる。また、図6(f)については、二面だけでは三次元物体として追跡が不安定になってしまうことを示している。

【0054】他のケースについては、物体追跡が正常に完了していることから、本実施の形態1においては、グラデーションのような明度勾配を有する、あるいは(e)程度に認識できる模様が付されていることが必要であることがわかる。しかしながら、従来の方法と比べて、前後のフレーム間において対応する特徴点を特定することが容易である事実には変わりはなく、確率論によらずに精度良く物体追跡を行うことができる。

【0055】以上のように本実施の形態1によれば、事前に追跡対象となる物体の形状及びテクスチャ(模様)を把握していることから、その移動等による変化を容易に予測することができ、かかると即に基づいて前後のフ

レーム間の対応、及び移動後の物体の位置及び向きを定

して、カメラ座標系のX、Y、Z軸それぞれについて10°の回転を加えている。

【0049】また、(c)はメッシュの細かいランダム樹目模様を付加した物体の図を、(d)はメッシュの粗いランダム樹目模様を付加した物体の図を、(e)はその中間の粗さのランダム樹目模様を付加した物体の図を、それぞれ示している。具体的には、(c)、

(d)、(e)のランダム樹目模様は、それぞれ見かけ上約30画素、3画素、10画素となっている。これは、半径1mの球に内接する直方体を5m離れて見ることに相当する。また、(f)は(e)の一つの面を背景の色と同じ色で塗りつぶした物体の図を示している。

【0050】本実施の形態1にかかる物体追跡方法で図6に示す6つの物体について物体追跡を行った結果を

(表1)に示す。

【0051】

【表1】

めることから、精度良く物体追跡を行うことが可能となる。

【0056】(実施の形態2)次に本発明の実施の形態2にかかる物体追跡装置について、図面を参照しながら説明する。図7は本発明の実施の形態2にかかる物体追跡装置のブロック構成図である。図7では、実施の形態1の構成に加えて、フレーム間対応及び物体移動状態同時確定部23の前に、カメラ等の手ぶれによる位置ズレを検出する位置ズレ検出部71を有することに特徴がある。

【0057】本実施の形態2において位置ズレとは、図8に示すように行方向もしくは列方向の平行移動を意味する。なお、カメラの姿勢の変化によってはカメラのロールに相当する回転移動をも含む方が良い。また、位置の検出自体は実施の形態1というフレーム間対応及び物体移動状態同時確定部23における方法で行うことができることから、位置ズレ検出部71ではメッシュの粗い検索で良い。例えば、1/4に縮小した画像等を用いることも可能である。

【0058】位置ズレが事前に検出されていることで、フレーム間対応の計算精度を向上させることができ、物

体移動状態についても追跡精度を向上させることが期待できる。

【0059】位置ズレを検出するための探索範囲は、図8に示すように、前フレームの投影位置を中心として、画面上で行方向及び列方向にずらした正方形の範囲内であり、その範囲内を離散的に探索すれば足りる。したがって、各位置における投影像を中心とした回転についても、同様に探索することができる。

【0060】探索の評価値 E_2 としては、前フレーム I

$$E_1 = \sum_{(r_i, c_i) \in N_{i, i+1}} \left| I_{i+1}(r_{i+1}, c_{i+1}) - I_i(r_i, c_i) \right|,$$

$$\begin{pmatrix} c_{i+1} \\ r_{i+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_i - c_{i0} \\ r_i - r_{i0} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_{i0} - \Delta c \\ r_{i0} - \Delta r \end{pmatrix}$$

【0062】ここで、 $N_{i, i+1}$ は (r_{i+1}, c_{i+1}) がフレーム I_{i+1} をはみださないフレーム I_i 上のモデル領域を意味する。かかる E_2 が小さいほど、見かけの像が近似していることを示している。

【0063】次に、実施の形態1と同様に、本実施の形態2にかかる物体追跡方法における物体の位置ズレ検出方法が有効であるか否かを実験により確認する。実験には、図9に示すようなランダムなモザイク模様をテクスチャとして有する直方体のCG合成画像を用いた。

【0064】図9において、(a)を前フレームとし、カメラ座標系Y、Z軸周りに3°ずつ12°まで回転させた24枚の画像を次フレームとした。(b)はカメラ座標系Z軸周りに最大角12°回転させたもの、(c)

$\kappa \setminus \phi$	0	3	6	9	12
0	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(6, 0)	(12, 0)
3	(0, 0)	(0, 3)	(0, 6)	(6, 3)	(12, 0)
6	(0, 6)	(0, 6)	(0, 6)	(0, 6)	(12, 3)
9	(0, 6)	(0, 6)	(0, 6)	(0, 6)	(12, 6)
12	(0, 6)	(0, 6)	(0, 6)	(12, 6)	(12, 6)

【0067】なお、(表2)の値は、 Δc と θ の対を表しており、 Δr は0(ゼロ)としている。(表2)の結果から明らかなように、カメラ座標系Y軸回りの回転角 ϕ 及びカメラ座標系Z軸回りの回転角 κ ともに6°前後までは精度良く位置ズレを検出できていることがわかる。一般に手ぶれ等による位置ズレは、カメラ座標系Y軸回り及びカメラ座標系Z軸回りについて最大約6°前後であることから、本実施の形態2における位置ズレ検出方法は、実用上問題ないものと考ええる。

【0068】以上のように本実施の形態2によれば、追

i における画像座標 (r_i, c_i) における画素と、当該画素を次のフレーム I_{i+1} 上でずらした画像座標 (r_{i+1}, c_{i+1}) における画素の明度差の総和とする方法が考えられる。 (r_{i0}, c_{i0}) を I_i における投影領域の中心、 Δr 、 Δc 、 θ をそれぞれ、行方向の平行移動量、列方向の平行移動量、回転量とすると、 E_2 は(数7)のように表すことができる。

【0061】

【数7】

はカメラ座標系Y軸回りに最大角12°回転させたもの、(d)はカメラ座標系Y軸、Z軸回りに、それぞれ最大角12°回転させたもの、を示している。なお、 ϕ はカメラ座標系Y軸周りの回転角を、 κ はカメラ座標系Z軸周りの回転角を、それぞれ示す。

【0065】カメラ座標系のY軸回り、Z軸回りの回転量と、本実施の形態2における位置ズレ検出の結果との関係を(表2)に示す。三次元的には、Z軸回りの回転角度と θ が一致し、かつ Δr 、 Δc ともに0(ゼロ)を示すと正解となる。

【0066】

【表2】

跡対象となる物体の位置ズレ、すなわちカメラの手ぶれ等による位置ズレを的確に把握することができ、手ぶれによって生ずる物体追跡誤差を小さくすることが可能となる。

【0069】次に、本発明の実施の形態にかかる物体追跡装置を実現するプログラムの処理の流れについて説明する。図10に本発明の実施の形態にかかる物体追跡装置を実現するプログラムの処理の流れ図を示す。

【0070】図10において、まず追跡対象となる物体の映っている動画像を入力する(ステップS101)。

そして、追跡対象となる物体について、その形状やテクスチャ（模様）について保存しておく（ステップ S102）。

【0071】次に、保存しておいた追跡対象となる物体についての形状やテクスチャ（模様）に基づいて、前後のフレーム間における物体の対応付けを求めると同時に、物体の移動後の位置や向きを確定する（ステップ S103）。この際に、追跡対象となる物体において、新たな形状や新たなテクスチャ（模様）が生じた場合には（ステップ S104：Yes）、かかる形状やテクスチャ（模様）についても保存対象とする（ステップ S105）。

【0072】最後に、追跡の結果を画像表示、ファイル出力、あるいは他のプログラムへの送信という形で出力する（ステップ S106）。

【0073】本発明の実施の形態にかかる物体追跡装置を実現するプログラムを記憶した記録媒体は、図 11 に示す記録媒体の例に示すように、CD-ROM 112-1 やフロッピーディスク 112-2 等の可搬型記録媒体 112 だけでなく、通信回線の先に備えられた他の記憶装置 111 や、コンピュータ 113 のハードディスクや RAM 等の記録媒体 114 のいずれでも良く、プログラム実行時には、プログラムはローディングされ、主メモリ上で実行される。

【0074】また、本発明の実施の形態にかかる物体追跡装置により生成されたデータ等を記録した記録媒体も、図 11 に示す記録媒体の例に示すように、CD-ROM 112-1 やフロッピーディスク 112-2 等の可搬型記録媒体 112 だけでなく、通信回線の先に備えられた他の記憶装置 111 や、コンピュータ 113 のハードディスクや RAM 等の記録媒体 114 のいずれでも良く、例えば本発明にかかる物体追跡装置を利用する際にコンピュータ 113 により読み取られる。

【0075】

【発明の効果】以上のように本発明にかかる物体追跡装置によれば、事前に追跡対象となる物体の形状及びテクスチャ（模様）を把握していることから、その移動等による変化を容易に予測することができ、かかる即に基づいて前後のフレーム間の対応、及び移動後の物体の位置及び向きを定めることから、精度良く物体追跡を行う

ことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 従来の物体追跡装置のブロック構成図

【図 2】 本発明の実施の形態 1 にかかる物体追跡装置のブロック構成図

【図 3】 モデル座標系の説明図

【図 4】 本発明の実施の形態 1 にかかる物体追跡装置における初期フレームにおける位置決め説明図

【図 5】 本発明の実施の形態 1 にかかる物体追跡装置における前後フレーム間の関係説明図

【図 6】 本発明の実施の形態 1 にかかる物体追跡装置の有効性実験に用いる CG 合成画像を示す図

【図 7】 本発明の実施の形態 2 にかかる物体追跡装置のブロック構成図

【図 8】 本発明の実施の形態 2 にかかる物体追跡装置における探索範囲の説明図

【図 9】 本発明の実施の形態 2 にかかる物体追跡装置における位置ズレ検出方法の有効性実験に用いる CG 合成画像を示す図

【図 10】 本発明の実施の形態 1 にかかる物体追跡装置における処理の流れ図

【図 11】 記録媒体の例示図

【符号の説明】

11 動画像入力部

12 フレーム間対応決定部

13 物体移動状態確定部

14 追跡結果出力部

21 初期位置決定部

22 既知物体記憶部

23 フレーム間対応及び物体移動状態同時決定部

71 位置ズレ検出部

111 回線先の記憶装置

112 CD-ROM やフロッピーディスク等の可搬型記録媒体

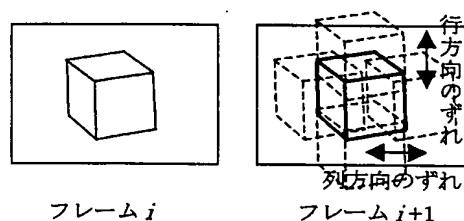
112-1 CD-ROM

112-2 フロッピーディスク

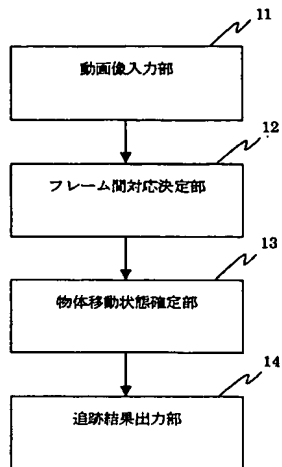
113 コンピュータ

114 コンピュータ上の RAM / ハードディスク等の記録媒体

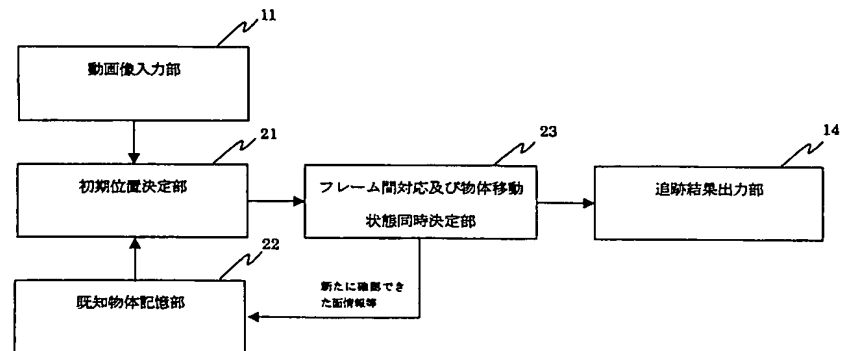
【図 8】



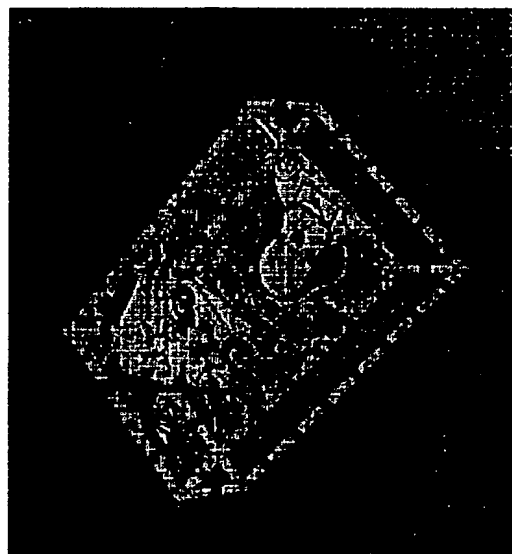
【図1】



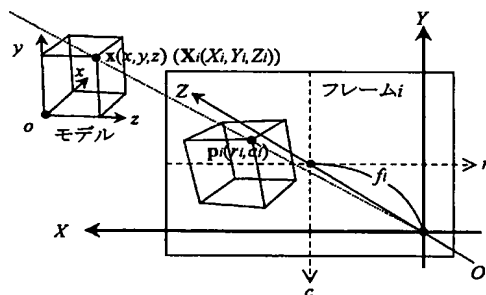
【図2】



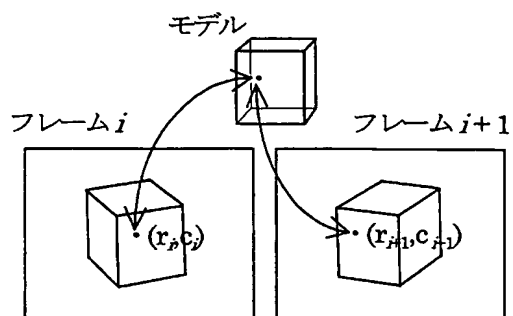
【図4】



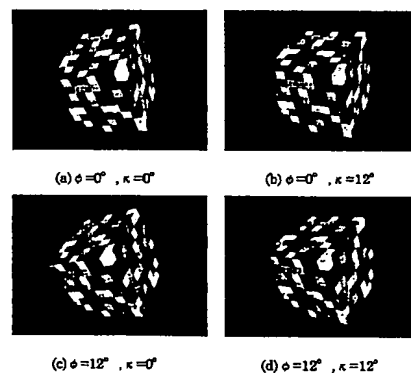
【図3】



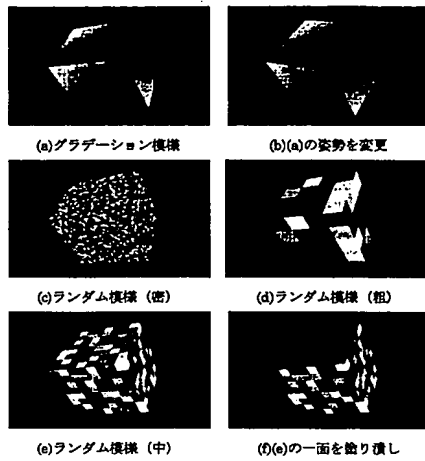
【図5】



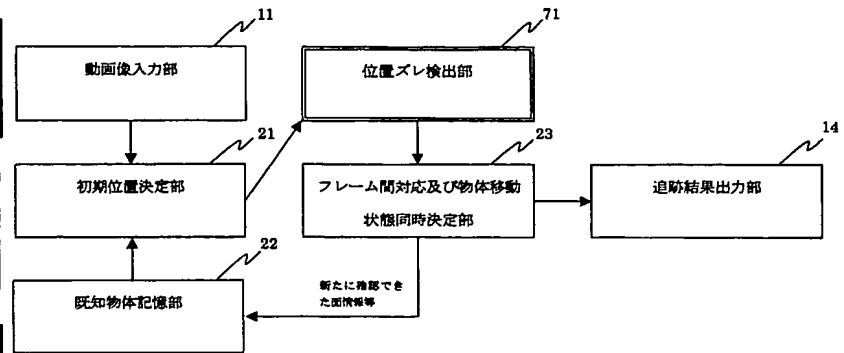
【図9】



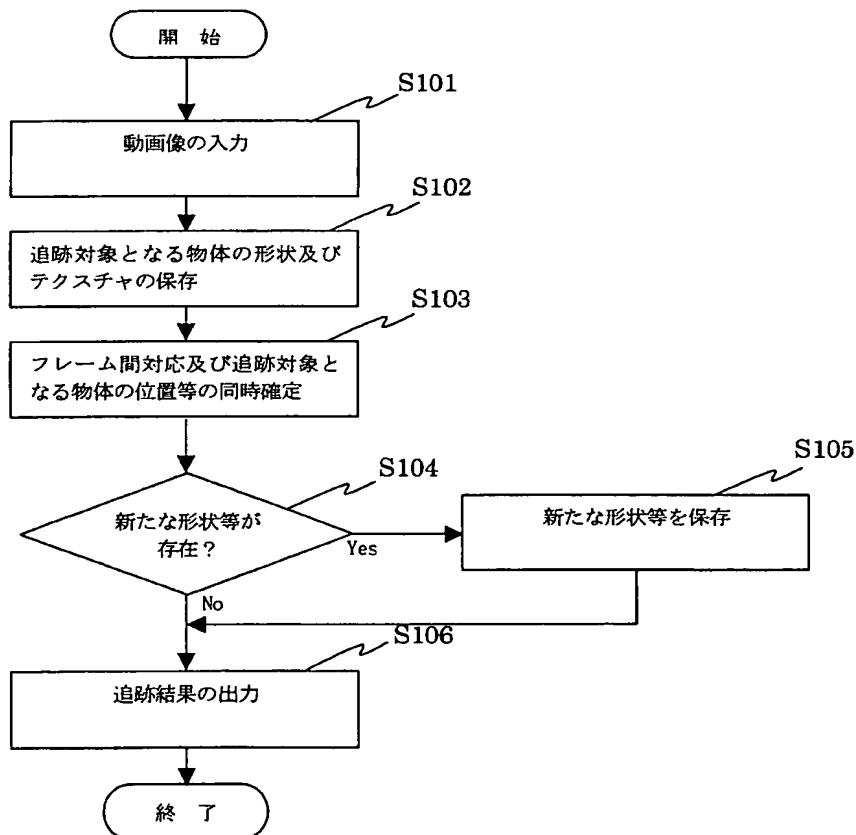
【図 6】



【図 7】



【図 10】



【図 11】

